

підприємство „Науково-експертний фармакопейний центр”, 2008. – 620 с.

4. Державна Фармакопея України / Державне підприємство «Науково-експертний фармакопейний центр». – 1-е вид. – Харків: РІРЕГ, 2001. – 556 с.

5. Растительные лекарственные средства / Н. П. Максютин [и др.] // К.: Здоров'я, 1985. – 280 с.

6. Муравьева, Д. А. Фармакогнозия / Д. А. Муравьева. – Москва.: Медицина, 1981. – 656 с.

7. Фармацевтическая энциклопедия Украины / Голова ред. ради В. П. Черних. – 2-е изд. – К.: «МОРИОН», 2010. – 1632 с.

8. Сур, С. В. Проблемы и перспективы разработки и внедрения современных ле-

карственных средств растительного происхождения / С. В. Сур, О. М. Гриценко // Ліки України. – 2002. – № 4. – С. 47–49.

9. Гризодуб, А. И. Особенности фармакопейных подходов к количественному определению лекарственного растительного сырья и суммарных фитопрепаратов / А. И. Гризодуб, О. А. Евтифеева, К. И. Проскурина // ФАРМАКОМ. – 2012. – №6. – С. 7–30.

Адрес для корреспонденции:

Украина,
г. Львов, ул. Опришківська 6/8,
ПАО «Галичфарм»,
e-mail: osmalyuh@gmail.com,
Смалюх О. Г.

Поступила 03.11.2014 г.

Н. Е. Блажеевский, О. И. Коретник

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ D(+)-БИОТИНА В ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВАХ В ВИДЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕГО СУЛЬФОКСИДА

Национальный фармацевтический университет, г. Харьков, Украина

Разработана методика количественного определения d(+)-биотина в таблетках ВОЛВИТ® 5 мг методом постоянноточковой полярографии на ртутном капельном электроде в виде соответствующего сульфоксида d(+)-биотина, полученного посредством действия гидропероксомоносульфата калия в кислой среде. На фоне 0,25 моль/л H_3PO_4 (рН 1,4) градуировочный график сохраняет линейный характер: $I = 1,15 \times 10^4 c + 0,63$, $r = 0,996$. Исследовано влияние вспомогательных веществ, а также массы образца на определение d(+)-биотина разработанной методикой. При определении d(+)-биотина в таблетках по 5 мг $RSD < 3\%$, $\delta = 1,3\%$ ($n = 5$, $P = 0,95\%$). Предел обнаружения (LOD) и предел количественного определения (LOQ) равны $1,1 \times 10^{-5}$ и $3,6 \times 10^{-5}$ моль/л соответственно.

Ключевые слова: d(+)-Биотин, гидропероксомоносульфат калия, полярография, определение, таблетки.

ВВЕДЕНИЕ

d(+)-Биотин (Витамин Н) по химическому строению является гексагидро-2-1Н-тиено[3,4-d]-имидазол-4-пентановой кислотой – соединение, содержащее конденсированную гетероциклическую систему имидазольного и тиофенового колец с остатком n-валериановой кислоты (рисунок 1). Благодаря наличию трех асимметричных атомов углерода возможно существование 8 оптических изомеров биотина и четырех рацематов. Однако биологиче-

скую активность имеет только природный d(+)-биотин.

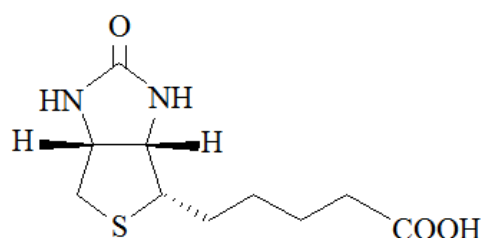


Рисунок 1 – Структурная формула d(+)-биотина

d(+)-Биотин играет важную роль в углеводном обмене: он взаимодействует с инсулином и, тем самым, стабилизирует содержание глюкозы в крови. Кроме того, он принимает участие в производстве глюкокиназы – вещества, которое «запускает» процесс обмена глюкозы. Глюкокиназа вырабатывается в печени, там, где хранится *d*(+)-биотин.

d(+)-Биотин применяют в медицинской практике при комплексной терапии и профилактике заболеваний, вызванных дефицитом биотина: заболевания кожи, ногтей, волос, а также при нарушениях со стороны пищеварительного тракта, психоэмоциональных расстройствах и т.д.

Для количественного определения биотина в ранних работах предложены колориметрические методы. Один из них основан на гидролизе *d*(+)-биотина в концентрированной кислоте и определении образовавшейся диаминокарбоновой кислоты по цветной реакции с нингидрином [1]. В другом способе используется специфическая реакция на уреидный цикл *d*(+)-биотина с *n*-диметиламиноцинамальдегидом [2]. Нижние границы определения составляют 100 и 10 мкг/мл соответственно.

Очень чувствительны (0,025-0,5 нг/мл) микробиологические методы [3]. Разработано относительно много их модификаций, все они отличаются тест-организмами, процедурой определения и способом измерения скорости ростовой реакции. В качестве тест-организмов используют *Lactobacillum planetarium* 8014 ATCC, *Saccharomyces cerevisiae* 7754 ATCC, *Neurospora crassa* и др. Однако эти методы недостаточно избирательны, поскольку микроорганизмы способны усваивать не только *d*(+)-биотин, но и некоторые его аналоги и метаболиты, которые являются неактивными для человека. Это затрудняет определение истинного содержания *d*(+)-биотина в биологических объектах, а, следовательно, является одной из причин большой вариабельности получаемых результатов анализа. Кроме того, в присутствии ненасыщенных кислот микробиологические методы могут давать неправильные результаты. В последнее время среди инструментальных методов анализа для определения *d*(+)-биотина получил распространение более удобный и быстрый иммуноферментный метод, в основе которого лежит высокоспецифичное взаи-

модействие *d*(+)-биотина с авидином [4]. Нижний предел определения *d*(+)-биотина составляет от 0,370 нг/г до 0,5 нг/г в зависимости от типа пробы.

Фармакопея США (USP) рекомендует для определения содержания основного вещества в субстанции использовать метод кислотно-основного титрования 0,1 моль/л раствором гидроксида натрия с визуальным определением конечной точки титрования (КТТ) по фенолфталеину [5]. Согласно Европейской Фармакопее определение осуществляют методом неводного потенциометрического титрования испытуемого образца 0,1 моль/л раствором гидроксида тетрабутиламмония [6].

Также описано большое количество других методик количественного определения *d*(+)-биотина с использованием современных физико-химических и физических методов: спектрофлуориметрии [7], электрохимии [8], жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [9] в сочетании с кулонометрическим детектированием [10], хромато-масс-спектрометрии (ЖХ–МС) [11, 12], капиллярного электрофореза [13], радиоизотопным [14], кинетическим методом [15], хемилюминесценции [16] и др. [17, 18].

В последнее время в фармацевтическом анализе серосодержащих соединений распространение получили электрохимические методы анализа, особенно полярографические и вольтамперометрические, что обусловлено их достаточно высокой точностью и избирательностью определения. При оптимальных условиях полярография позволяет определять отдельные действующие вещества в различных лекарственных формах в присутствии ряда вспомогательных веществ.

Так, была предложена избирательная методика полярографического определения биотина и его технологических примесей на фоне хлорида калия и 1,25 моль/л этанольного раствора серной кислоты соответственно, которая пригодна для контроля процесса производства лекарственного средства [19]. Ограничением ее является невозможность использования для количественного определения биотина в готовых лекарственных средствах из-за низкой чувствительности ($2 \cdot 10^{-4}$ моль/л).

В ранней работе [20] описана методика непрямого полярографического определения биотина в виде соответствующе-

го нитрозо-производного при потенциале $E_{1/2} = -0,83$ В (относительно НКЭ) на фоне 0,1 моль/л раствора ацетата натрия. Однако она продолжительна во времени, а поэтому непригодна для рутинных исследований.

Подытоживая, можно сделать вывод, что существующие методики полярографического определения биотина несовершенны и требуют улучшения. Перспективным направлением научных исследований является разработка методик количественного определения электрохимически неактивного биотина по токам восстановления электроактивных окисленных функциональных производных, которые получают в предварительной стадии анализа.

Нами предложено осуществлять количественное определение биотина методом непрямой полярографии после перевода его в легко восстанавливаемое соединение – соответствующий сульфоксид биотина – с помощью гидропероксомоносульфата калия в кислой среде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1. В качестве окислителя использовали тройную калиевую соль кислоты Каро ($2\text{KHSO}_5 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{KHSO}_4$) – «Оксон®». Раствор гидропероксомоносульфата калия, $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Навеску порошка Оксона®, которая содержит 0,615 г основного вещества, количественно переносили в колбу вместимостью 200,0 мл, растворяли в 100 мл дважды дистиллированной воды при перемешивании и доводили объем дважды дистиллированной водой до метки. Концентрацию контролировали методом йодометрического титрования. Растворы меньшей концентрации готовили путем разбавления исходного дважды дистиллированной водой в определенное количество раз.

2. Раствор тиосульфата натрия, 0,02 моль/л. Готовили раствор тиосульфата натрия 0,1 моль/л из фиксана стандарт-титра. С помощью пипетки отбирали 20 мл полученного раствора, переносили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и доводили объем раствора дважды дистиллированной водой до метки при температуре $+20^\circ\text{C}$.

3. Раствор йодида калия 5%. Навеску 5,0 г йодида калия «хч» растворяли в 50 мл дважды дистиллированной воды и доводили объем до 100,0 мл дважды дистиллированной водой.

4. Раствор серной кислоты 0,1 моль/л. Раствор серной кислоты готовили из фиксана стандарт-титра в мерной колбе вместимостью 500,0 мл.

5. Раствор фосфорной кислоты 2,5 моль/л. 13 мл концентрированной фосфорной кислоты «хч» переносили в мерную колбу вместимостью 100,0 мл и объем доводили до метки дважды дистиллированной водой при температуре $+20^\circ\text{C}$.

Вольтамперометрические измерения осуществляли на цифровой установке в триэлектродном электролизере со ртутным капельным индикаторным электродом в постоянно токовом режиме с быстрой разверткой (0,5 В/с). В качестве электрода сравнения использовали насыщенный хлоридом калия каломельный электрод (н.к.э.).

Значения величины pH растворов измеряли с помощью стеклянного электрода ЭСЛ-43-07 на иономере «Иономер лабораторный И-160М» (Беларусь) в паре с насыщенным хлоридом калия хлорсеребряным электродом ЭВЛ-1МЗ.1.

Объектами исследований были субстанция Биотина SHAANXI SCIPYAR BIOTECHNOLOGY Co., LTD, Xi'an China, ser. WS140215, 99,12%, Тпл. 45°C , которая отвечала требованиям Европейской Фармакопеи [6], и лекарственная форма *d(+)-Биотина* – таблетки ВОЛВИТ®, покрытые оболочкой по 5 мг № 30 (производства Кусум Хелтхкер, Пвт. Лтд, Индия (Kusum Healthcare, Pvt. Ltd, India), номер серии: WA3002. Допуски: от 4,5 мг до 5,5 мг биотина в таблетке (90,0-110,0% от заявленного количества). Результаты количественного определения (assay) по сертификату: 5,01 мг/табл. 100,29%.

Приготовление раствора рабочего стандартного образца РСО биотина ($2 \cdot 10^{-3}$ моль/л). Навеску субстанции биотина, которая содержала 0,0488 г основного вещества, растворяли в 100 мл этанола при температуре $+20^\circ\text{C}$.

Приготовление модельного раствора биотина (0,50 мг/мл). Навеску субстанции биотина, которая содержала 0,0500 г основного вещества, растворяли в 100 мл этанола при температуре $+20^\circ\text{C}$.

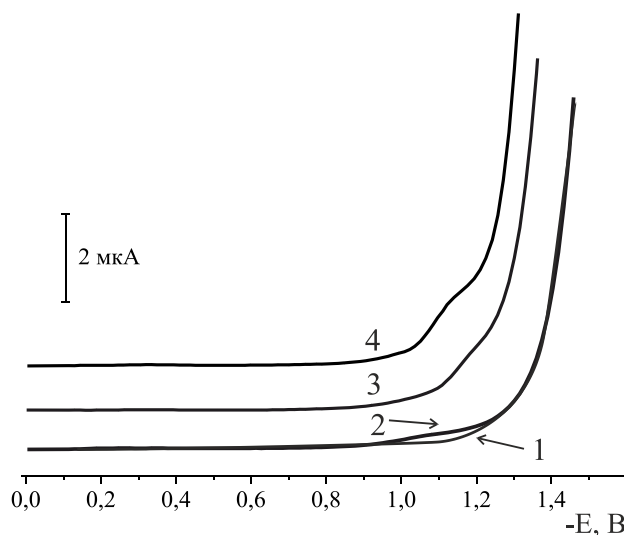
Для создания необходимого pH раствора использовали 0,25 моль/л раствор фосфорной кислоты и 0,1 моль/л раствор гидроксида калия. Все растворы изготовлены из реактивов квалификации ч.д.а.

Методика полярографического определения биотина в виде его сульфоксида, полученного с помощью гидропероксомоносульфата калия. Навеску порошка, 5 растертых таблеток, растворяли в 50 мл этанола, фильтровали на фильтре с синей лентой. Отбирали 1,00 мл раствора (0,25–1,25 мл $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л (25,0 мг/50 мл) раствора РСО биотина при построении градуировочного графика) в мерную колбу вместимостью 25 мл, добавляли 2,5 мл 2,5 М фосфорной кислоты и 1,15 мл $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора гидропероксомоносульфата калия и выдерживали 1 мин. Доводили до метки дважды дистиллированной водой, переносили в электролизер, удаляли кислород в течение 10 мин. и полярографировали.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что оптимальным для количественного окисления биотина гидропероксомоносульфатом калия в соответствующий сульфоксид является pH 1,4–1,5. Время количественного выхода продукта – сульфоксида биотина – должно быть не менее 60 с. В пределах от 1,05 до 1,1-разового молярного избытка гидропероксомоносульфата калия полярографические характеристики восстановления сульфок-

сида биотина не меняются. Однако желательно, чтобы концентрация гидропероксомоносульфата калия в растворе не превышала 10^{-4} моль/л, так как в результате восстановления KHSO_5 (анодный участок полярограммы) увеличивается остаточный ток и несколько искажается фоновая линия полярограммы (ее катодный участок). На полярограмме волна восстановления сульфоксида биотина с увеличением pH смещается в катодный участок и при $\text{pH} > 3$ волна полностью сливается с волной восстановления фоновое электролита (рис. 2). Процесс восстановления в условиях полярографирования полностью необратимый: на анодной ветке полярограммы вообще отсутствует волна. При pH 1,4 (раствор 0,25 моль/л фосфорной кислоты) на полярограмме пик прослеживался при $-1,05 \dots -1,1$ (относительно н.к.э.) в зависимости от концентрации деполаризатора и был самым высоким. В условиях достаточно большого избытка окислителя более чем за 30 мин в слабокислой среде наблюдается дальнейшее окисление образованного сульфоксида биотина до соответствующего сульфонового производного, который в условиях полярографирования является электрохимически инертным (отсутствие волны).



pH: 1, 2 – 3,0; 3 – 2,0; 4 – 1,4

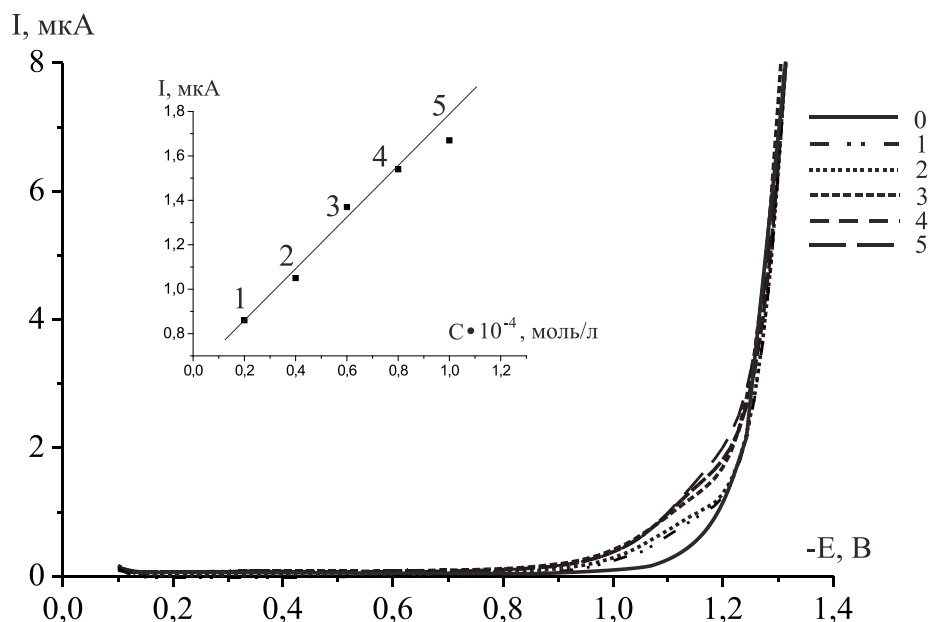
Рисунок 2 – Влияние pH среды на высоту полярограммы восстановления сульфоксида биотина. $c(\text{Biotin}) = 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л

Линейность предложенной методики была доказана с использованием нормализованных координат согласно ГФ Украины ($n=9$; $r=0,996$) (рисунок 3, таблица 1) [21].

Результаты полярографического определения биотина представлены в таблицах 2-3. Методом «введено-найденно» показано отсутствие систематической ошибки

($\delta < \text{RSD}$). Установлено, что вспомогательные вещества (целактоза 80, лаурилсульфат натрия, кроскармеллоза натрия, диоксид кремния коллоидный безводный, стеарат магния) и оболочка (спирт поливини-

ловый, тальк, диоксид титана, полиэтиленгликоль, лецитин, понсо 4R, хинолиновый желтый), которые входят в состав готовой лекарственной формы, не мешают определению.



(0 – 0 (фон); 1 – 0,2; 2 – 0,4; 3 – 0,6; 4 – 0,8; 5 – 1,0)

Рисунок 3 – Концентрационная зависимость высоты полярографической волны сульфоксида биотина. 0,25 моль/л H_3PO_4 (рН 1,4). $c(\text{Biotin})$, 10^{-4} моль/л

Таблица 1 – Данные регрессионного анализа

Параметр	Значение
Пределы линейности (моль/мл)	$(3,6-10) \cdot 10^{-5}$
Уравнение градуировочного графика*	$I = 1,15 \times 10^4 c + 0,63$
S_b	$6,131 \times 10^2$
$\pm tS_b$	$0,195 \times 10^4$
S_a	0,04
$\pm tS_a$	0,13
LOD (моль/л)	$1,1 \times 10^{-5}$
LOQ (моль/л)	$3,6 \times 10^{-5}$

*Примечание: $y = b \times c + a$

Таблица 2 – Результаты определения биотина в модельных растворах ($n = 5$, $P = 0,95$)

Взято c , 10^{-5} , (моль/л)	Найдено ($\bar{x} \pm \Delta \bar{x}$) $\times 10^5$	% \pm RSD	δ (%)
6,14*	$6,17 \pm 0,26$	$102,7 \pm 3,4$	0,49
8,19	$8,13 \pm 0,28$	$101,6 \pm 2,7$	1,65

*Примечание: Содержание определено по стандартной методике [6].

Таблица 3 – Результаты количественного определения биотина в таблетках по 5 мг Волвит® (Kusum Healthcare, Pvt. Ltd, India) ($n = 5$, $P = 0,95$)

Содержание биотина (мг/ табл.)	Найдено ($\bar{x} \pm \bar{x}$)	% \pm RSD	δ (%)
5,01 (100,29% $\pm 10\%$)*	$5,08 \pm 0,18$	$101,6 \pm 2,7$	1,3

*Примечание: Заявленное содержание биотина в сертификате, найденное по стандартной фармакопейной методике [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана методика количественного определения биотина в таблетках по 5 мг методом непрямой полярографии после перевода его в легко восстанавливаемое соединение – соответствующий сульфоксид биотина – с помощью гидропероксомоносulfата калия в кислой среде. На фоне 0,25 моль/л H_3PO_4 (pH 1,4) градуировочный график сохраняет линейный характер: $I = 1,15 \times 10^4 c + 0,63$, $r=0,996$. Изучено влияние вспомогательных веществ. При определении биотина в таблетках по 5 мг $RSD < 3\%$, $\delta = 1,3\%$ ($n=5$, $P=0,95\%$). Предел обнаружения (LOD) и предел количественного определения (LOQ) равны $1,1 \times 10^{-5}$ и $3,6 \times 10^{-5}$ моль/л соответственно.

Данное направление является перспективным в разработке методик количественного определения других серосодержащих биологически активных веществ и лекарственных средств.

SUMMARY

M. Ye. Blazheyevskiy, O. I. Koretnik
VOLTAMMETRIC DETERMINATION OF
D (+)-BIOTIN IN MEDICATIONS AS THE
CORRESPONDING SULFOXIDE

A DC cathodic polarography procedure for the quantitative determination of *d*(+)-biotin as its corresponding sulphoxide obtained by potassium hydrogenperoxomonosulphate in tablets on 5 mg was developed. The calibration graph preserves the linear nature (0,25 mol/L H_3PO_4 , pH 1,4) for measurements at a dropping-mercury electrode (DME): $I = 1,15 \times 10^4 c + 0,63$, $r=0,996$. Parameters that affect the *d*(+)-biotin determination using this method were investigated such as content of the matrix and sample size. A recovery of *d*(+)-biotin in tablet 5 mg $RSD < 3\%$, $\delta = 1,3\%$ ($n=5$, $P=0,95\%$). LOD and LOQ of $1,1 \times 10^{-5}$ and $3,6 \times 10^{-5}$ mol/L respectively were calculated.

Keywords: *d*(+)-Biotin, potassium hydrogenperoxomonosulphate, DC polarography, determination, tablets.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экспериментальная витаминология: справ. руководство / Ю. М. Островский [и др.]; под ред. Ю. М. Островского; АН БССР, Отд. регуляции обмена веществ. –

Минск: Наука и техника, 1979. – 551 с.

2. Tsuda, T. Colorimetric determination of biotin / T. Tsuda // Sankyo Kenkyusho Nempo. – 1968. – Vol. 20. – P. 65–69.

3. Determination of biotin concentration by a competitive enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method / Y. S. Chang [et al.] // J. Biochem. Biophys. – 1994. – Vol. 29, № 3. – P. 321–329.

4. Определение свободного d-биотина – сравнение инструментального и неинструментального методов анализа / И. С. Павлова [и др.] // Биоорг. химия. – 1996. – Т. 22, № 3. – С. 233–227.

5. The United States Pharmacopoeia 30, the National Formulary 25 US Pharmacopoeial Convention: Rockville, MD; Electronic version, 2007.

6. European Pharmacopoeia. – 7th ed. – Strasbourg: EDQM, 2010. – V. 1–2. – 3536 p.

7. Ahmed, J. Determination of d-biotin at the microgram level / J. Ahmed, K. K. Verma // Talanta. – 1979. – Vol. 26. – P. 1025–1026.

8. Ultrasensitive electrochemical detection of biotin using electrically addressable site-oriented antibody immobilization approach via aminophenyl boronic acid / Ja-an Annie Ho [et al.] // Biosens. and Bioelectr. – 2010. – V. 26. – P. 1021–1027.

9. Определение водорастворимых витаминов в витаминных примиксах, биологически-активных добавках и фармацевтических препаратах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с градиентным элюированием / А. А. Бендрышев [и др.] // Вестн. Московск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2010. – Т. 51, № 4. – С. 315–324.

10. Using of HPLC coupled with colorimetric detector for the determination of biotin in pharmaceuticals / A. I. Zerzanova [et al.] // J. Pharm. Biomed. Analysis. – 2007. – Vol. 45, № 5. – P. 730–735.

11. Simultaneous separation and analysis of water- and fat-soluble vitamins on multimodal reversed-phase weak anion exchange material by HPLC-UV / R. Dabre [et al.] // J Sep Sci. – 2011. – Vol. 34, №7. – P. 761–772.

12. Patil Ashish. Analytical method development and validation of biotin in a solid dosage form by RP-HPLC / Patil Ashish, Raheja Radhika, Nangude Shantaram // Int. J. of univ. pharm. and bio Sci. – 2014. – Vol. 3, № 3. – P. 525–535.

13. Electrophoretic behaviour of biotin and biocytin in capillary electrophoresis. De-

termination of biotin in pharmaceutical formulations / T. Perez-Ruiz [et al.] // Chromatogr. – 2003. – Vol. 58. – P. 757–762.

14. Determination of biotin levels in cerebrospinal fluid samples / E. Livanion [et al.] // J. Pharm. Biomed. Anal. – 1999 – Vol. 21. – P. 875–879.

15. Kinetic Spectrophotometric Determination of Biotin in Pharmaceutical Preparations / M.I. Walash [et al.] // Intern. J. Biomed. Sci. – 2008. – V. 4, № 3. – P. 238–244.

16. Traore Zoumana Sekou. Determination of Biotin in Pharmaceutical Formulations by Potassium Permanganate-luminol-CdTe Nanoparticles Chemiluminescence System / Zoumana Sekou Traore, Xing-guang Su // Chem. Res. Chinese Universities. – 2012. – Vol. 28, № 4. – P. 604–608.

17. Fluorometric assay for quantitation of biotin covalently attached to proteins and nucleic acids / R.H. Batchelor [et al.] // Biotechniques. – 2007. – Vol. 43, № 4. – P. 503–507.

18. Mittal, R. Biotin-4-fluorescein based fluorescence quenching assay for determination of biotin binding capacity of streptavidin

conjugated quantum dots / R. Mittal, M.P. Bruchez // Bioconjugate Chem. – 2011. – V. 22. – P. 362–368.

19. Devyatnin, V.A. Use of the polarographic method to analyse biotin and certain intermediate products of its synthesis / V.A. Devyatnin, I. A. Solunina, S. D. Mikhno // Khimiko-Pharm. J. – 1972. – Vol. 6, № 8. – P. 35–38.

20. Davidek, J. Polarographische Bestimmung von Biotin / J. Davidek // J. Naturwissenschaften. – 1961. – Vol. 48, Issue 10. – 403 p.

21. Державна фармакопея України: Державне підприємство «Науково-експертний фармакопейний центр». – Доп. 1. – Х.: ПІРЕГ, 2004. – 520 с.

Адрес для корреспонденции:

61118, Украина,
г. Харьков ул. Блюхера, 4,
Национальный фармацевтический университет,
кафедра физической и коллоидной химии,
тел. (0572) 97-98-38,
e-mail: blazejewski@ukr.net,
Блажеевский Н. Е.

Поступила 08.11.2014 г.

Н. Н. Бойко

КИНЕТИКА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ТРАВЫ ХВОЦА ПОЛЕВОГО

Национальный фармацевтический университет, г. Харьков, Украина

В статье приведены результаты исследования по изучению процесса накопления сухого остатка, веществ-маркеров (гидроксикоричных кислот в пересчете на кислоту хлорогеновую) и ионов калия в вытяжке на примере травы хвоща полевого.

Показано, что зависимость концентрации веществ в вытяжке от времени настаивания в пределах исследуемого периода времени имеет в общей форме вид логарифмического закона $C = b \cdot \ln(t) + a$.

Зависимость накопления концентрации веществ от времени в процессе настаивания по логарифмической модели позволяет предсказывать кинетику изменения концентрации вещества в системе минимум по двум точкам.

Показано также, что во время мацерации органические и неорганические вещества экстрагируются параллельно друг с другом.

Ключевые слова: кинетика, мацерация, хвощ полевой, калий, экстрактивные вещества, гидроксикоричные кислоты.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент в технологии экстракционных препаратов одними из основных параметров растительного сырья, на которые обращают внимание техноло-

ги, являются: степень измельченности, содержание экстрактивных веществ, содержание целевых веществ или веществ-маркеров, влажность, насыпная плотность, объемная плотность, коэффициент поглощения экстрагента и некоторые